

УДК 539.3 : 625.7/8

Н.В.ДОЛГОПОЛОВА, канд. техн. наук
Институт проблем машиностроения НАН Украины, г.Харьков
С.В.ДОЛГОПОЛОВ, В.А.ГОЛЕНДЕР, канд. техн. наук
Гуманитарно-технический институт, г.Харьков

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О МЕТОДАХ И КРИТЕРИЯХ РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Рассматриваются основные методы конструирования и расчета дорожных одежд, которые применяются в странах СНГ, Западной Европы и в США. Предлагается подход к решению подобных задач.

История развития транспортных коммуникаций геополитически сложилась так, что в Европе и в США строились автомобильные дороги, причем высокого качества. Для этого имелись объективные предпосылки: благоприятные климатические условия для соответствующего содержания автомагистралей в условиях умеренных температурных перепадов годичного цикла; наличие парка высокотехнологичных дорожных машин; существование развитой экспериментальной базы для апробаций инновационных идей и решений.

В то же время на территории Евразии (СССР, в последствии СНГ) интенсивно развивалась иная инфраструктура – сеть железных дорог. Это обусловлено значительной протяженностью территории с запада на восток и с юга на север, неблагоприятными циклическими перепадами температур воздуха от -55°C до $+45^{\circ}\text{C}$ и другими факторами, что мешало сбалансированно развивать железнодорожные и автомобильные сети.

Квалифицированный подход к этой проблеме, безусловно, должен отвечать современным требованиям, предъявляемым к решению задач реконструкции и модернизации существующих, строительству новых автомобильных дорог [1-6]. Прежде всего, формированию научно обоснованных задач корректного построения расчетных моделей для проектирования дорожных одежд, а также методологии численной реализации непрерывно уточняемых методик.

Дорожная одежда, как наиболее ответственный элемент автомобильной коммуникации, должна обладать высокими эксплуатационными характеристиками, и, соответственно, быть достаточно прочной. То есть она под воздействием многократно повторяющихся нагрузок должна сохранять на протяжении срока службы сплошность и ровность своей первоначальной структуры.

Верхний слой (как правило, несколько слоев) представляет собой дорожное покрытие, которое влияет на транспортно-эксплуатацион-

ные свойства одежды.

Один или несколько нижних слоев образуют основание, назначение которого заключается в том, чтобы придать одежде прочность при воздействии статических и динамических нагрузок, а также устойчивость к влиянию усталостных и климатических факторов.

1. *Подходы к задачам, решаемым в странах Западной Европы и США.*

Большинство расчётных методов, применяемых в США и странах Западной Европы, основаны на эмпирических зависимостях между несущей способностью грунта земляного полотна (CBR), числом приложений нагрузки, эквивалентной толщиной дорожной одежды. Это методы: Лидл (Асфальтовый институт США); Инженерного корпуса (США); метод Шук и Финн (Бюро общественных дорог, США); Центральной лаборатории путей сообщения (Франция); Нефтяной компании Шелл (США); Дорожно-исследовательской лаборатории (Великобритания) и др. [5].

В них приведённую толщину дорожной одежды H_{pr} , исходя из значения CBR (несущая способность по калифорнийскому методу) и интенсивности движения, определяют по формуле

$$H_{pr} = a_1 h_1 + a_2 h_2 + a_3 h_3,$$

где a_1, a_2, a_3 – эмпирические коэффициенты, отражающие прочностные свойства покрытия, верхнего и нижнего слоёв основания [7]; h_1, h_2, h_3 – соответственно толщины покрытия, верхнего и нижнего слоёв основания.

Большинство схем расчёта дорожных одежд, принятых за рубежом, базируются на этой зависимости. То есть, дефицит теоретических представлений о напряжённо-деформированном состоянии (НДС) компенсируется достаточно большим количеством эмпирических данных.

Теоретические аспекты в этих методах практически не используются.

2. *Подходы к решению задач в СНГ, в том числе и в Украине.* Учитывая особенности, характеризующие качество дорожной одежды, которые исследовались в работах ученых-дорожников МАДИ, ХНАДУ, филиалов СоюздорНИИ и др. [5, 7-13], можно выделить следующие основные направления решения этих задач: оценка величины нормативного прогиба (модуля упругости), расчет дорожных одежд по условиям местного предельного равновесия, расчет связанных слоев дорожных одежд на изгиб.

А именно:

1) *метод МАДИ*. В качестве основного показателя предлагается нормативный прогиб (модуль упругости) под колесом расчетного автомобиля. Значение прогиба зависит от интенсивности движения [5, 12, 14];

2) *метод Ленинградского филиала СоюздорНИИ*. Основными расчетными показателями являются: сопротивление сдвигу грунта земляного полотна и малосвязных конструктивных слоев дорожной одежды и предельное растягивающее напряжение при изгибе в монолитных слоях [5];

3) *метод ХНАДУ*. Здесь в качестве основного расчетного показателя принят расчетный прогиб. Особое внимание обращено на условия IV и V дорожно-климатических зон (зона недостаточного увлажнения IV и засушливая зона V) [5]. Метод связан с повышением модуля упругости верхней части земляного полотна путем улучшения водно-теплового режима, а также с повышением степени уплотнения грунта.

В приведенных методах предусмотрен расчет слоев из связных материалов на растяжение при изгибе.

На основе этих подходов были разработаны соответствующие методы конструирования и расчета нежестких дорожных одежд.

Отметим, что существующие методы проектирования нежестких дорожных одежд можно разделить на пять основных групп (рис.1).



Рис. 1 – Классификация методов проектирования дорожных одежд нежесткого типа

Проектирование дорожных покрытий основываются преимущественно на эмпирических методах. Это означает, что зависимости между исходными данными (нагрузка, свойства материалов слоев и др.) и отказом дорожного покрытия получены либо опытным путем, либо экспериментально, либо их комбинацией.

Научные исследования в области проектирования дорожных одежд нежесткого типа в последние пятьдесят лет направлены на переход от эмпирических подходов к более мощной и адаптивной схеме проектирования, а именно к механико-эмпирическому методу (МЭМ).

Для более точного проектирования покрытия дороги и предсказания ее цикла жизни МЭМ учитывает не только механические свойства покрытия, а также информацию о количестве подвижных назгрузок, климатических данных, работе покрытия в процессе эксплуатации и другие изменяющиеся условия. Соотношения между этими величинами описываются при помощи математических моделей.

При этом выполняется теоретическая оценка отклика дорожной одежды на приложенную внешнюю нагрузку. А с помощью различных критериев и методов расчета на прочность многослойной дорожной одежды численно определяют деформации, напряжения и перемещения в заданных точках от воздействия нагрузки, передаваемой транспортными средствами.

Полученные значения используются для установления допустимого уровня надежности конструкции в целом при помощи необходимых критериев. Спроектированное дорожное покрытие проверяется по критерию прочности, и если условие прочности для принятого критерия не удовлетворяется, тогда вводятся изменения в проекте.

На рис.2 показана схема проектирования дорожной одежды с применением механико-эмпирических методов.



Рис.2 – Схема проектирования дорожной одежды при помощи механико-эмпирических методов

Применение механико-эмпирических методов для проектирования дорожных одежд позволяет расширить возможности, связанные с совершенствованием существующих, с созданием новых методик расчета НДС состояния многослойных нежестких дорожных одежд. Кроме того, применение данных методов дает возможность более эффективно использовать накопленный экспериментальный материал, сократить время расчетов при проектировании и подойти к оптимальному проектированию дорожных одежд.

Поэтому для проектирования дорожных одежд предпочтительнее основываться на теоретических разработках, проводимых на базе современных научных достижений, и, по возможности, избегать чисто эмпирического подхода.

1. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., 1993. – 640 p.
2. Haas, R.; Hudson, W.R. and Zaniewski, J. Modern Pavement Management. Krieger Publishing Company. Malabar, FL, 1994. – 583 p.
3. Huddleston, J.; Buncher, M. and Newcomb, D. (2000). Perpetual Pavements. A concept paper written for the Asphalt Pavement Alliance (APA).
4. Карташкова Л.М. Основы проектирования автомобильных дорог. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2006. – 142 с.
5. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / Под. ред. Н.Н.Иванова. – М.: Транспорт, 1973. – 328 с.
6. AASHO. Road test, Washington, 1962, 300 s, 1965. – 370 p.
7. Shell 1963. Design Charts for flexible pavements. – London, 1963. – 55 p.
8. Road Note 29. A guide to the structural design of flexible and rigid pavements for new roads. Road research Laboratory. – London, 1970. – 65 p.
9. Бируля А.К. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1964. – 167 с.
10. Иванов Н.Н. и др. Расчет и испытание нежестких дорожных одежд. – М.: Высшая школа, 1969. – 99 с.
11. Иванов Н.Н., Коганзон М.С., Коновалов С.В. Основы новой методики расчета жестких дорожных одежд учетом повторности воздействия нагрузок. – М.: Высшая школа, 1969. – 51 с.
12. Корсунский М.Б. Оценка прочности дорог с нежесткими одеждами. – М.: Транспорт, 1966. – 153 с.
13. Методические указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд. – М.: ГИПРОДОРНИИ, 1974. – 79 с.
14. Апестин В.К., Шак А.М., Яковлев Ю.М. Испытания и оценка прочности нежестких дорожных одежд. – М.: Транспорт, 1977. – 102 с.

Получено 22.08.2007